Capítulo 15

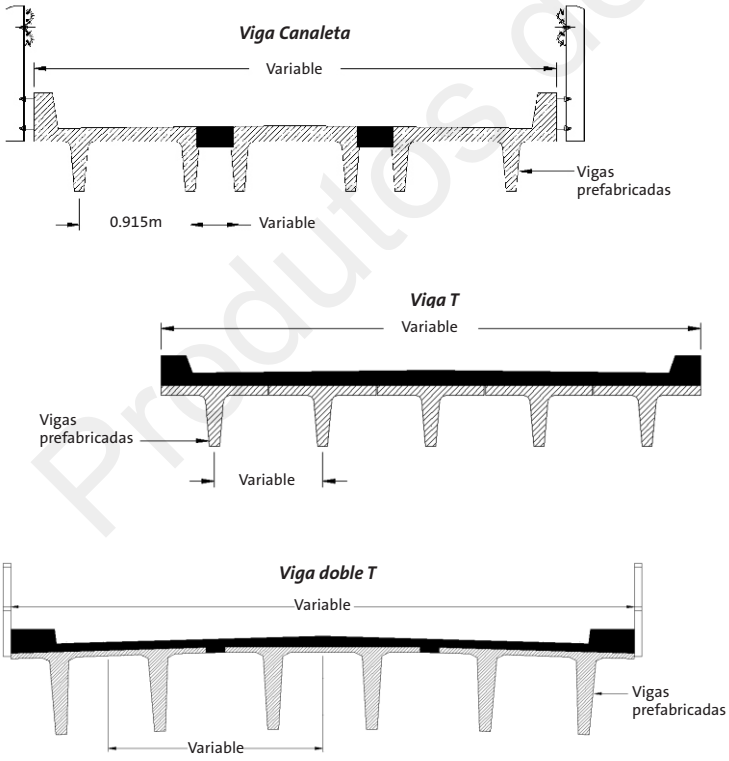
Puentes prefabricados

Productos de Concreto S.A. ofrece soluciones para la construcción de puentes para tránsito vehicular y peatonal. La prefabricación y uso del concreto preesforzado es esencial para la construcción de puentes económicos y estructuralmente eficientes.

La estructura de un puente se puede subdividir en subestructura y superestructura. En subestructura se incluyen bastiones y pilas, los cuales pueden ser prefabricados o colados en sitio. Su diseño depende de las condiciones del suelo, condiciones hidráulicas, sísmicas y tipo de carga vehicular.

En el caso de la superestructura, aunque puede ser colada en sitio, es más común el uso de elementos prefabricados pretensados o postensados según el caso. Las secciones pueden ser canaletas, T, doble T o I, que dependen de la longitud que se requiera.

Fig. 15.1 Elementos típicos de puentes



Las vigas canaletas, T o doble T pueden o no tener losa vaciada en sitio. Cuando sea sin losa en sitio, se vaciará solamente una junta entre ellas. Cuando se vacíe una losa en sitio el espesor mínimo requerido es de 10cm.

Para el caso de vigas I (I, I modificada y bulbo) la losa se puede resolver vaciada en sitio, con losas prefabricadas o con una combinación de ambas.

También se construyen puentes menos tradicionales como son los tipo arco. Es el caso de los puentes peatonales que se han construido durante los últimos años en varias rutas nacionales del país.

Productos de Concreto S.A.

Como todo sistema prefabricado estos puentes tienen muchas ventajas:

- Rapidez de construcción.
- Disminución de formaletas en la obra.
- Alta resistencia del concreto.
- Excelente control de calidad.
- Bajo mantenimiento

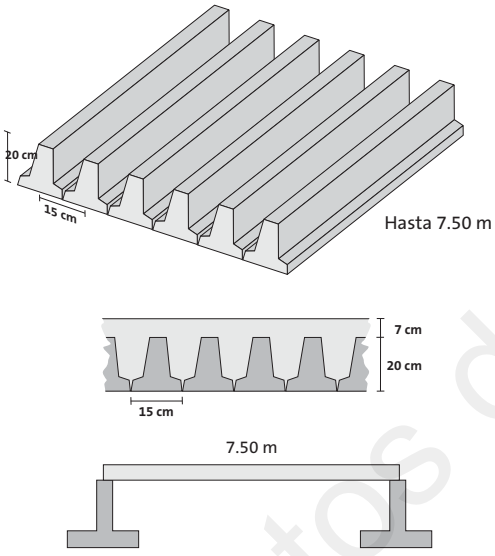
Puentes cortos con el uso de viguetas

Sólo suministro de viguetas. Para cargas hasta HS-15.

Ventajas

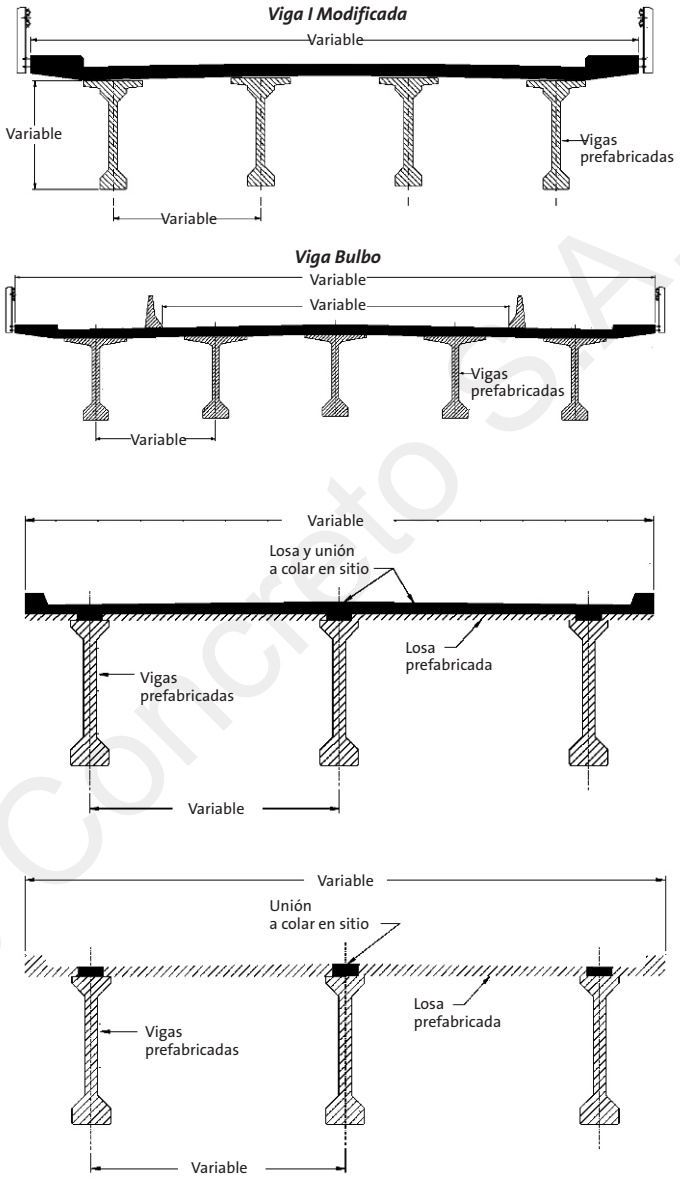
- La solución más económica del mercado.
- Instalación de vigas manual.
- Gran resistencia.

Fig. 15.2 Geometría de puente con viguetas



Nota: Colado y diseño responsabilidad del cliente

Fig. 15.3 Losas prefabricadas para puentes

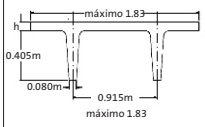
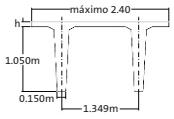
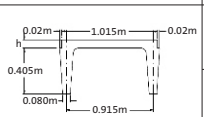
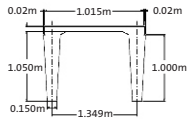
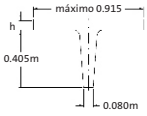
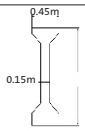
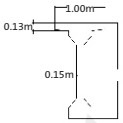
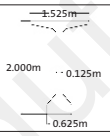


Puente vehicular Real Cariari, Heredia

Productos de Concreto S.A.

15.1 Geometría

Tabla 15.1 Características de las secciones para puentes

Tipo de puente / Sección de viga utilizada			Luz máxima	Altura H	Espesor de losa h (ver nota 2)	Area	Momento de inercia	Posición del centroide (Yb)	Módulo de la sección Sb	Módulo de la sección St	Peso
			m	cm	cm	cm^2	cm^4	cm	cm^3	cm^3	kg/m
Viga doble T	**Tipo I**		7.5	48.0	7.5	2263.5	390488	35.53	10990.4	31314.2	565.9
			7.5	54.5	14.0	3453.0	587428	40.94	14348.5	43320.6	863.3
	Tipo II		25.0	112.5	7.5	6326.0	7410917	72.82	101770.4	186767.1	1581.5
			25.0	119.0	14.0	7886.00	9722345	81.31	119571.3	257955.6	1971.5
Viga canaleta	**Tipo I**		10.0	48.0	7.5	1652.25	323910	32.30	10028.2	20631.2	413.1
			10.0	54.5	14.0	2312.0	495538	37.71	13140.8	29513.9	578.0
	Tipo II		27.0	112.5	7.5	5637.25	6439955	68.50	94013.9	146362.6	1409.3
			27.0	119.0	14.0	6661.00	8377513	75.76	110579.6	193744.5	1665.3
Viga T			12.0	48.0	7.5	1131.75	195244	35.52	5496.7	15644.6	282.9
			12.0	54.5	14.0	1726.50	293714	40.94	7174.3	21660.3	431.6
Viga I			25.0	144.0	N/A	3402.0	8285571	67.40	122931.3	108166.7	850.5
			28.0	170.2	N/A	3777.0	12794514	79.85	160231.9	141610.6	944.3
Viga I modificada			30.0	157.0	N/A	4633.0	14593583	89.50	163056.8	216201.2	1158.3
			38.0	183.2	N/A	4994.5	21511449	103.55	207739.7	270074.7	1248.6
Viga bulbo			50.0	200.0	N/A	6790.75	37398196	106.77	350268.8	401139.1	1697.7

Nota:
1. Las luces máximas están definidas para carga HS-20+25%, especificaciones AASHTO y condición isostática. Para cargas menores y/o puentes hiperestáticos estas luces pueden aumentarse.
2. Para las vigas sección T, doble T y canaleta se define que:
a) Cuando el espesor de la losa es 7.5cm, hay que vaciar una losa en sitio de 10 cm mínimo.
b) Cuando el espesor de la losa es de 14cm, no se requiere losa en sitio, sólo se vaciará una junta entre vigas.

Productos de Concreto S.A.

15.2 Cargas para puentes

De acuerto con la American Assotiation of State Higway an Transportatión Officials (AASHTO), bajo la metodologia de diseño LRFD la carga que se debe considerar para puentes simplemente apoyados es la HL-93 y está compuesta por:

- Camión estandar de diseño

El camión estandar de diseño que se utiliza es el HS 20 (Figura 1) en cual la distancia de los ejes delanteros es de 4300 mm y la distancia al eje trasero se varia entre 4300 mm y 9000 mm según sea el caso para producir la máxima de manda con una carga máxima por eje de 14400 kg. El departamento de puentes del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en algunos casos utiliza una carga que denomina HS 20 + 25% que es equivalente a la HS25.

- Carga tandem o militar

Esta carga consiste de dos ejes separados 1200 mm de una carga de 11250 kg , transversalmente las llantas se consideran espaciadas 1800 mm

- Carga de carril

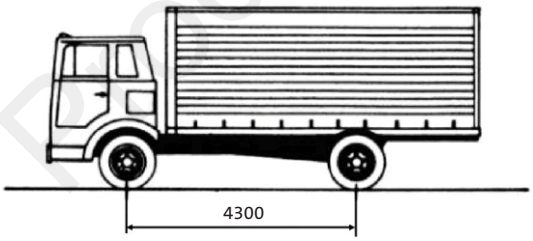
La carga de carril es una carga distribuida de 945 kg/m distribuidos en un ancho de carga de 3000 mm

- Carga de fatiga

La garga para el análisis de fatiga consiste en un camión estandar de diseño con la separación máxima de 9 m en el eje trasero.

Estas cargas se deben de combinar sumando el camión estandar y la carga de carril o el tanden y la carga de carril de tal forma que generen la condición más desfavorable para el puente.

Fig. 15.4 Cargas tipo H



	0.2 W	0.8 W	W
H-5	900 kg	3600 kg	4500 kg
H-10	1800 kg	7200 kg	9000 kg
H-15	2700 kg	10800 kg	13500 kg
H-20	3600 kg	14400 kg	18000 kg

En la tabla 15.5 se muestra los momentos y cortantes máximos producidos en puentes simplemente apoyados utilizando estas cargas.

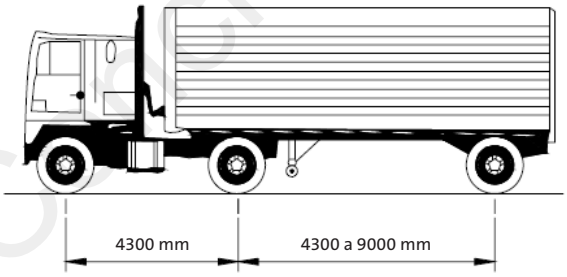
En el caso de puentes continuos se debe considerar el 90% de la carga de dos camiones de diseño con una distancia al eje trasero de 4300 mm separados entre sí 15 m entre el eje trasero del primer camión y el delantero del segundo camión. A esta configuración se le debe sumar el 90 % de la carga de carril.

En el manual AASHTO LRFD Bridge Design Specifications se pueden encontrar mayores detalles de las cargas de diseño, factores de multi presencia, factores dinámicos y factores de distribución entre las vigas centrales o de borde .

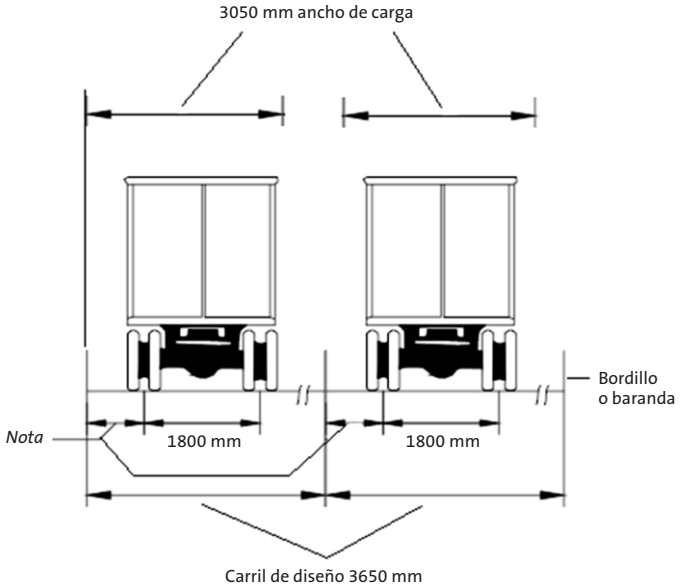
Los factores de distribución entre vigas dependen de su rigidez relativa por lo que varia dependiendo del tipo de material, forma y dimensiones del puente analizado.

En la figura 15.5 se muestran los anchos de puente mínimos recomendados según las condiciones de serivico.

Fig. 15.5 Cargas tipo HS



	0.2 W	0.8 W	0.8 W	W
H-15	2700 kg	10800 kg	10800 kg	13500 kg
H-20	3600 kg	14400 kg	14400 kg	18000 kg
H-25	4500 kg	18000 kg	18000 kg	22500 kg



Nota: 600 mm de distancia a la baranda o bordillo para diseño de la super estructura.
300 mm de distancia a la baranda o bordillo para diseño de la viga de borde.

Productos de Concreto S.A.

Tabla 15.2 Puentes de velocidad inferior a 70km/h y sin ciclovía

	Un carril	Dos carriles	Comentarios
	mm	mm	
Av	3650	7300	Ancho de carril recomendado
Aa	1200	1200	Ancho de acera mínimo considerando una silla de ruedas y una persona. Ideal 1500mm
Ac	-	-	No aplica
Ap	6050	9700	Ancho total interno del puente
h	150	150	Altura recomendada del bordillo, máximo 180 mm
hb	1070	1070	Altura mínima de la baranda peatonal. En este caso se debe diseñar para soportar el empuje de un vehículo
hn	-	-	No aplica

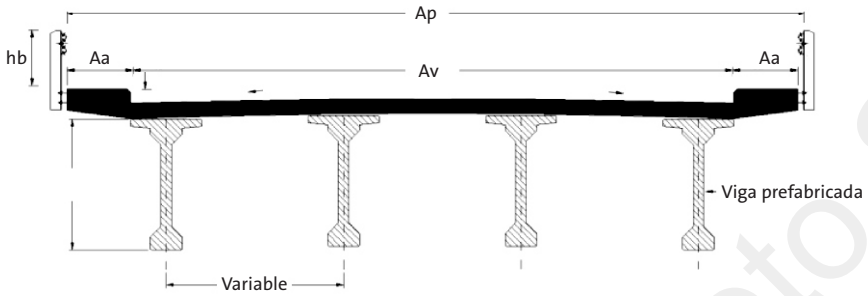


Tabla 15.3 Puentes de velocidad superior a 70km/h y sin ciclovía

	Un carril	Dos carriles	Comentarios
	mm	mm	
Av	3650	7300	Ancho de carril recomendado
Aa	1200	1200	Ancho de acera mínimo considerando una silla de ruedas y una persona. Ideal 1500mm
Ac	-	-	No aplica
Ap	6950	10600	Ancho total interno del puente
h	-	-	No aplica
hb	1070	1070	Altura mínima de la baranda peatonal. En este caso se debe diseñar para soportar el empuje de un vehículo
hn	810	810	Altura mínima de la baranda New Jersey

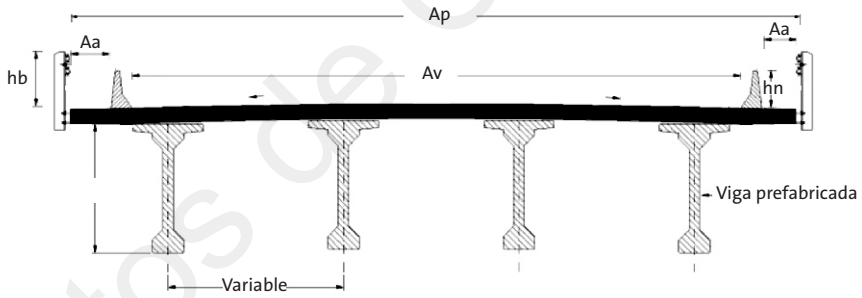
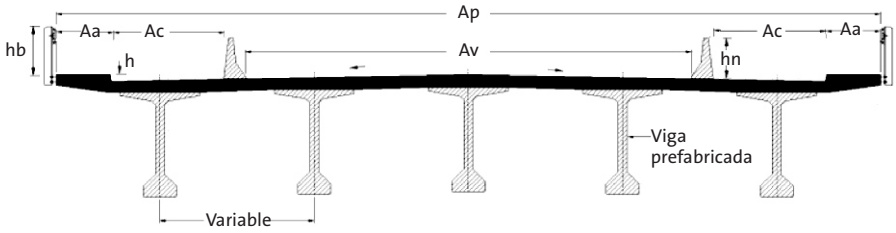


Tabla 5.4 Puentes con ciclovía

	Un carril	Dos carriles	Comentarios
	mm	mm	
Av	3650	7300	Ancho de carril recomendado
Aa	1200	1200	Ancho de acera mínimo considerando una silla de ruedas y una persona. Ideal 1500mm
Ac	2500	2000	Ancho minimo recomendado. Ideal 2500 mm
Ap	6950	14600	Ancho total interno del puente
h	150	150	Altura recomendada del bordillo, máximo 180 mm
hb	1070	1070	Altura mínima de la baranda peatonal. En este caso se debe diseñar para soportar el empuje solo de las personas
hn	810	810	Altura mínima de la baranda New Jersey



Productos de Concreto S.A.

Tabla 15.5 Reaciones, cortantes y momentos máximos para carga viva HL-93 actuando en una via y en condición simplemente apoyada sin factorar

Claro	Momentos					Cortante y Reacciones			
	Camión	Tanden	Carril	TOTAL	% del Claro	Camión	Tanden	Carril	TOTAL
m	Ton m	Ton m	Ton m	Ton m	%	Ton	Ton	Ton	Ton
0.3	1.1	0.9	0.0	1.1	0.50	14.4	11.3	0.1	14.5
0.6	2.2	1.7	0.0	2.2	0.50	14.4	11.3	0.3	14.7
0.9	3.3	2.6	0.1	3.4	0.50	14.4	11.3	0.5	14.9
1.2	4.4	3.4	0.2	4.6	0.50	14.4	11.3	0.6	15.0
1.5	5.5	4.3	0.3	5.8	0.50	14.4	13.5	0.7	15.1
1.8	6.6	5.1	0.4	7.0	0.50	14.4	15.0	0.9	15.9
2.1	7.7	6.0	0.5	8.2	0.50	14.4	16.1	1.0	17.1
2.4	8.8	6.9	0.7	9.5	0.50	14.4	16.9	1.2	18.0
2.7	9.9	8.6	0.9	10.8	0.50	14.4	17.5	1.3	18.8
3.0	11.0	10.3	1.1	12.1	0.50	14.4	18.0	1.4	19.4
3.4	11.6	12.6	1.3	13.9	0.40	14.4	18.4	1.6	20.0
3.7	12.6	14.3	1.5	15.8	0.40	14.4	18.8	1.7	20.5
4.0	14.1	15.9	1.8	17.7	0.45	14.4	19.0	1.9	20.9
4.3	15.2	17.6	2.1	19.7	0.45	14.4	19.3	2.0	21.3
4.6	16.3	19.3	2.4	21.7	0.45	15.3	19.5	2.2	21.6
4.9	17.4	21.0	2.8	23.8	0.45	16.2	19.7	2.3	22.0
5.2	18.5	22.7	3.1	25.8	0.45	16.9	19.8	2.4	22.3
5.5	19.6	24.4	3.5	27.9	0.45	17.6	20.0	2.6	22.6
5.8	20.6	26.1	3.9	30.0	0.45	18.2	20.1	2.7	22.9
6.1	21.7	27.8	4.3	32.1	0.45	18.7	20.3	2.9	23.1
6.4	22.8	29.5	4.8	34.3	0.45	19.2	20.3	3.0	23.4
6.7	23.9	31.2	5.3	36.4	0.45	19.6	20.5	3.2	23.6
7.0	25.0	32.9	5.7	38.6	0.45	20.0	20.6	3.3	23.9
7.3	26.1	34.6	6.3	40.8	0.45	20.4	20.6	3.5	24.1
7.6	27.2	36.3	6.8	43.1	0.45	20.7	20.7	3.6	24.3
7.9	28.8	38.0	7.3	45.3	0.45	21.1	20.8	3.7	24.8
8.2	31.0	39.7	7.9	47.6	0.45	21.3	20.8	3.9	25.2
8.5	33.2	41.4	8.5	49.9	0.45	21.6	20.9	4.1	25.7
8.8	35.4	43.1	9.1	52.2	0.45	22.0	21.0	4.2	26.1
9.1	37.5	44.8	9.8	54.5	0.45	22.3	21.0	4.3	26.6
9.4	39.7	46.4	10.4	56.9	0.45	22.6	21.1	4.5	27.1
9.8	42.1	48.1	11.1	59.3	0.45	23.0	21.1	4.6	27.5
10.1	44.6	49.8	11.8	61.7	0.45	23.2	21.2	4.8	28.0
10.4	45.5	51.4	12.7	64.1	0.50	23.5	21.2	4.9	28.4
10.7	48.0	53.1	13.4	66.6	0.50	23.8	21.2	5.0	28.8
11.0	50.5	54.9	14.2	69.1	0.50	24.0	21.2	5.2	29.2
11.3	52.9	56.6	15.0	71.6	0.50	24.2	21.3	5.3	29.6
11.6	55.4	58.3	15.8	74.1	0.50	24.4	21.3	5.5	29.9
11.9	57.9	60.0	16.7	76.7	0.50	24.7	21.3	5.6	30.2
12.2	60.4	61.7	17.6	79.3	0.50	24.8	21.4	5.8	30.6
12.8	66.6	65.1	19.2	85.7	0.45	25.2	21.4	6.0	31.2
13.4	71.4	68.5	21.0	92.5	0.45	25.5	21.5	6.3	31.9
14.0	76.3	71.9	23.0	99.3	0.45	25.8	21.5	6.6	32.4
14.6	81.2	75.3	25.0	106.2	0.45	26.1	21.6	6.9	33.0
15.2	86.1	78.7	27.2	113.3	0.45	26.4	21.6	7.2	33.6
15.8	91.0	82.1	29.4	120.4	0.45	26.6	21.6	7.5	34.1
16.5	95.9	85.5	31.7	127.6	0.45	26.8	21.6	7.8	34.6
17.1	100.8	88.9	34.1	134.8	0.45	27.0	21.7	8.1	35.1
17.7	105.7	92.3	36.5	142.2	0.45	27.2	21.7	8.4	35.6
18.3	110.6	95.7	39.1	149.7	0.45	27.4	21.7	8.6	36.0
18.9	115.4	99.1	41.8	157.2	0.45	27.5	21.8	8.9	36.5
19.5	120.3	102.5	44.5	164.8	0.45	27.7	21.8	9.2	36.9
20.1	125.2	105.9	47.3	172.5	0.45	27.8	21.8	9.5	37.3
20.7	130.1	109.2	50.2	180.3	0.45	27.9	21.8	9.8	37.8
21.3	135.0	112.6	53.2	188.2	0.45	28.1	21.9	10.1	38.2
22.9	146.8	121.7	61.7	208.5	0.50	28.4	21.9	10.8	39.2
24.4	159.1	130.3	70.2	229.3	0.50	28.6	22.0	11.5	40.1
25.9	171.5	138.9	79.3	250.7	0.50	28.8	22.0	12.2	41.1
27.4	183.8	147.4	88.9	272.7	0.50	29.0	22.0	13.0	42.0
29.0	196.1	156.0	99.0	295.2	0.50	29.2	22.0	13.7	42.9
30.5	208.5	164.6	109.7	318.2	0.50	29.4	22.1	14.4	43.8
33.5	233.2	181.7	132.8	365.9	0.50	29.7	22.1	15.8	45.5
36.6	257.9	198.9	158.0	415.9	0.50	29.9	22.1	17.3	47.2
39.6	282.5	216.0	185.4	468.0	0.50	30.1	22.1	18.7	48.8
42.7	307.2	233.2	215.1	522.3	0.50	30.2	22.2	20.2	50.4
45.7	331.9	250.3	246.9	578.8	0.50	30.4	22.2	21.6	52.0
48.8	356.6	267.5	280.9	637.5	0.50	30.5	22.2	23.0	53.6
51.8	381.3	284.6	317.1	698.4	0.50	30.6	22.2	24.5	55.1
54.9	406.0	301.8	355.5	761.5	0.50	30.7	22.2	25.9	56.7
57.9	430.7	318.9	396.1	826.8	0.50	30.8	22.3	27.4	58.2
61.0	455.4	336.0	438.9	894.3	0.50	30.9	22.3	28.8	59.7

Productos de Concreto S.A.